## ГЕОДЕЭІЯ

УДК 528.3

Л.О.Бурак, П.П.Шпаківський

## ВИЗНАЧЕННЯ КРЕНУ РЕАКТОРНИХ УСТАНОВОК ТИПУ ВВЕР-400 І ВВЕР-1000 АЕС МЕТОДОМ ВИСОКОТОЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ КОРОТКИМИ ПРОМЕНЯМИ

Эгілно з нормативними документами відхидення плошини годовного розніму реакторної установки (РУ) від горизонталі за весь час експлуатації не має перевищувати 2 мм на базі 4000 мм або в кутовій мірі 100". Це пов'язано з тим, що відхидення від проектного розміщення реакторної установки ускладнюють роботу органів керування і вахисту реактора. Зміна крену може бути викликана як нахилом фундаментної плити реакторного відділення внаслілок осідання, так і температурними деформаціями окремих її частин або самої установки. В даний час крен РУ визначають аа результатами високоточного геометричного нівелювання системи точок на фланці головного розніму РУ щорічними вимірами під час планово-профілактичних ремонтів. Враховуючи важливість отриманої при цьому інформації, доцільно було би назначити точність геодеаичних вимірів на порядок вище допуску. Цій умові повністю відповідає геометричне нівелювання короткими променями, оскільки відомо, що середня квадратична похибка визначення перевищення на станції в цьому методі становить 0,05...0,07 мм [2], що на фланці діаметром 4000 мм відповідає кутовій величині 2,5-3,6", а при переході до граничних похибок - величинам, близьким до 10". З іншого боку, за даними багаторічних безперервних спостережень аа нахилом фундаментних плит реакторних відділень (РВ) з реакторами типу ВВЕР-400 ТА ВВЕР-1000 на деяких АЕС СНД, які виконують за допомогою нахидомірних станцій [3] відомо, що пружні деформації фундаментної плити, викликані техногенними чинниками (переміщення гравітаційних мас всередині

<sup>(</sup>C) Бурак Л.О., Шпаківський П.П., 1996

РВ, аміни в температурному режимі тощо) досягають величин порядку 10". Очевидно, і назначати більшу точність знаходження крену РУ недоцільно.

Використана нами для цього методика геометричного нівелювання короткими променями відрізняється деякими особливостями. Для визначення крену виконують нівелювання восьми діаметрально протилежних точок на фланці головного розніму, розміщених на однакових відстанях від центра фланця в районі канавок ущільнювача на діаметрі 3060 мм (рис.1).

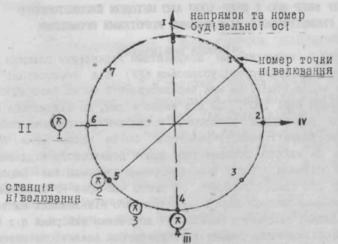


Рис.1. Схема розміщення точок та станції нівелювання фланця РУ.

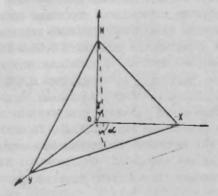


Рис. 2. Энаходження значення та напрямку крену.

Якщо це можливо за правилами радіаційної безпеки, то нівелір вотановлюють в центрі фланця на спеціальній плиті біозахисту і беруть відліки на точки при двох горизонтах. Якщо користуються однією рейкою, то відліки на діаметрально протилежні точки мають бути суміжними. Зазначимо також, що на РУ типу ВВЕР-400 нівелювання з центра фланця можна виконувати тільки нівеліром Ni-002 з мінімальною відстанню фокусування 1,5 м.

Якщо нівелювання а центра фланця неможливе, використовується схема нівелювання а чотирьох станцій (рис.1). На кожній станції беруть відліки на всі точки, крім діаметрально протилежної, проте обчислюють і урівнюють тільки перевищення, наведені в табл.1, тобто одержані при рівних плечах. При цьому ми маємо шість надлишкових вимірів, тому під час урівнювання одержуємо і надійну оцінку точності вимірів.

Порядок нівелювання точок фланця РУ

Таблиця 1

N CTAHUÍI	Перевищення			
1	7-5 6-4	8-4	1-3	6
3	5-4	6-3	7-2	8-1
4	5-3	6-2	7-1	

Головними джерелами похибок у сучасному геометричному нівелюванні короткими променями є похибки поділок рейки і ії встановлення на точку [2]. Оскільки в нашому випадку відліки беруться на один і той самий штрих рейки, то перше джерело похибок не суттєве.

Для того, щоб звести до мінімуму похибки за рахунок встановлення рейки на точки фланця, необхідко виготовити спеціальну рейку з п'яткою у вигляді стальної полірованої кульки і з круглим рівнем з ціною поділки не менше 5". При виготовленні ми використовували 1,0 метрову рейочку з комплекту РИ-1.75.

Прийнято агідно в розпорядженням Держкоматомнагляду України N 358 від 2.08.93 р. крен споруди і його напрям ва результатами геометричного нівелювання визначати через різницю осідань dS діаметрально протилежних точок, розміщених на поперечній і поздовжній осях споруди  $dS_1$  і  $dS_2$  відповідно.

$$\gamma = (dS_1^2 + dS_2^2)^{1/2} \rho / d,$$
 (1)  
 $\alpha = arctg \ dS_1 / dS_2,$ 

де d - відстань між точками.

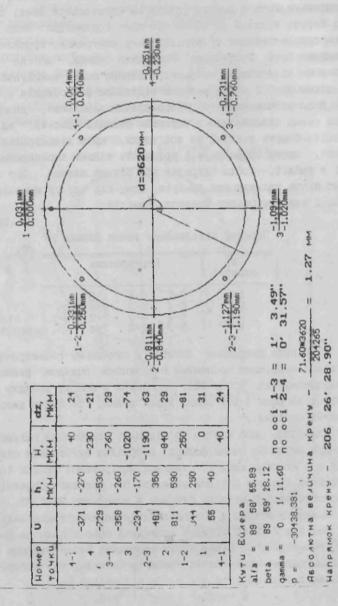


Рис. З. Ревультати мікронівелювання фланця головного роз'єму реактора Рівненської АЕС, блок NZ, d - 3620 мм за результатами знімань 26.09.1992 р.

## Регультати мікронівелювання фланця головного розніму реактора

135	10.10.91 p.	26.09.92 p.	10.10.93 p.	
N TOUKN	H, MKM dZ, MKM	H, MKM dz, MKM	H, MKM dZ, MKM	
1-4 4 3-4 3 2-3 2 1-2	0 44 -270 -81 -950 51 -1220 -59 -1350 83 -850 -21 -250 -73 0 56	40 24 -230 -21 -760 29 -1020 -74 -1190 63 -840 29 -250 -81 0 31	-250 209 -370 -87 -920 -103 -1420 11 -1530 141 -950 -23 -280 -127 0 -21	
α μ Υ	89 58 44 89 59 30 0 01 22	Кути Ейлера 89 68 56 89 59 28 0 01 12	89 58 48 89 59 34 0 01 10	
α	201 10 40	Напрямок крену 206 26 29	200 23 31	

При більшій кількості точок, як в нашому випадку, аначення крену і напрямок у деяких випадках знаходять за максимальною різницею висот діаметрально протилежних точок.

Проте набагато повнішу і об'єктивнішу інформацію можна одержати, якщо анаходити значення і напрямок крену через параметри A,B,D оформдяючої площини [2] вигляду:

$$H - A_X + B_Y + D, \tag{2}$$

де х, у - планові координати точок.

Визначивши параметри і через них відхилення виміряних висот точок фланця (Н<sub>вим.</sub>) від оформляючої площини (dz)

ми маємо змогу додатково оцінити за цыми відхиленнями площинність поверхні фланця і якість вимірювань.

Результати виконаних нами энімань поверхонь фланців РУ під час приймання з монтажу в експлуатацію свідчать, що відхилення від площини, зумовлені шорсткістю його поверхонь внаслідок механічної обробки, не перевищують 0,05 мм. На практиці, якщо значення dz не перевищували 0,2 мм, про крен фланця судили за величиною кута, який утворює нормаль, опущена з початку координат на оформляючу площину з віссю Н. У випадку прийнятої на

рис.1 нумерації точок  $\gamma$  анайдемо за відомою формулою [1]:  $\cos \gamma - 1/(A^2 + B^2 + 1)^{1/2}. \tag{4}$ 

Значення просторових кутів Ейлера  $\alpha$ ,  $\beta$  не дають наочного уявлення про напрямок крену при малих аначеннях  $\gamma$ , оокільки вони в цьому випадку практично дорівнюють  $90^\circ$ . Для визначення напрямку крену скористаємося відомим рівнянням площини у відрівках [1], а якого випливає, що (рис.2) 0X - -D/A і 0Y - -D/B, авідки після деяких перетворень одержимо:

 $\alpha - \operatorname{arctg}([y_i H_i]/[x_i H_i]) + 180.$  (6)

Для автоматигованої обробки матеріалів нами розроблений програмний комплекс. Деякі результати обробки показані рис. 3. У табл. 2 наведені результати спостережень за креном фланця головного розніму РУ на одній з АЕС. Результати останньої серії викликали у служби експлуатації сумніви щодо стабільності РУ, оскільки розрахунок крену, проведений до того за максимальною різницею у позначках діаметрально протилежних точок. вказував на ніби різку зміну напрямку крену. Проте виконаний нами розрахунок через параметри оформляючої площини показав, що насправді ніякої різкої аміни ні вначення ні напрямку крену за цей час не було. Навпаки, результати 1993 р. ще ближчі до реаультатів 1991 р., ніж реаультати 1992 р. Роаходження у виміряних висотах точок фланця в серії 26.10.93 р. від значень в серіях, виконаних раніше, пояснюється тим, що ці вимірювання проводилися по діаметру 4030 мм, а не 3060 мм, як в 1991 і 1992 рр. Завначимо також, що відхилення dz на точці 1/4 в серії 1993 р., яке становить 0,2 мм також не може бути пояснево креном установки, а тільки похибками вимірювань внаслідок неякісного зачищення фланця в місці установки рейки, а можливо, і локальною деформацією його поверхні. Це вказує на необхідність більш детальних досліджень площинності фланця, які можна виконати методом мікронівелювання.

<sup>1.</sup> Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии. М., 1968. 2. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодевия. Основные методы инженерно-геодевических работ. М., 1981. 3. Справочник по инженерной геодевии // Под общей ред. Н.Г.Видуева. К., 1978. 4. Широков И.А. Наклономерный метод контроля за креном и деформациями реакторного отделения АЗС // Оценка сейсмотектонических условий площадок строительства атомных энергетических установок. М., 1987. С.101-105.